

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3574186号

(P3574186)

(45) 発行日 平成16年10月6日(2004.10.6)

(24) 登録日 平成16年7月9日(2004.7.9)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 43/08

H O 1 L 43/08

Z

G O 1 R 33/09

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

H O 1 F 10/08

H O 1 F 10/08

G O 1 R 33/06

R

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平6-215893
 (22) 出願日 平成6年9月9日(1994.9.9)
 (65) 公開番号 特開平8-83937
 (43) 公開日 平成8年3月26日(1996.3.26)
 審査請求日 平成13年8月20日(2001.8.20)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100091672
 弁理士 岡本 啓三
 (72) 発明者 岸 均
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番
 地 富士通株式会社内
 (72) 発明者 北出 康博
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番
 地 富士通株式会社内
 (72) 発明者 小林 和雄
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番
 地 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軟磁性材よりなる第一の強磁性層と、
 ニッケルを5～40atms%、コバルトを30～95atms%(但し、95atms%は除く)の
 割合で含有しているコバルト・ニッケル・鉄合金よりなる第二の強磁性層と、
 前記第一の強磁性層と第二の強磁性層の間に形成された非磁性金属層と、
 前記第二の強磁性層に接して形成された反強磁性層と
 を有し、
 前記コバルト・ニッケル・鉄合金は磁歪が零であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】

前記第一の強磁性層を構成する軟磁性材は、ニッケルを5～40atms%、コバルトを30
 ～95atms%(但し、95atms%は除く)の割合で含有しているコバルト・ニッケル・鉄
 合金であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】

第一のコバルト・ニッケル・鉄合金よりなる第一の強磁性層と、
 第一のコバルト・ニッケル・鉄合金と組成の異なる第二のコバルト・ニッケル・鉄合金又
 は鉄コバルトよりなる第二の強磁性層と、
 前記第一の強磁性層と第二の強磁性層の間に形成された非磁性金属層と、
 前記第二の強磁性層に接して形成された反強磁性層と
 を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

10

20

【請求項 4】

前記第一のコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを 40 ~ 50 atms%、ニッケルを 24 ~ 35 atms% の割合で含有し、且つ前記第二のコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを 80 ~ 90 atms%、ニッケルを 20 atms% 以下の割合で含有していることを特徴とする請求項 3 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】

前記第一のコバルト・ニッケル・鉄合金の保磁力は 100e よりも小さいことを特徴とする請求項 3 又は 4 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】

前記第二のコバルト・ニッケル・鉄合金の保磁力は前記反強磁性層による異方性磁界よりも大きいことを特徴とする請求項 3 記載の磁気抵抗効果素子。 10

【請求項 7】

前記第一及び第二の強磁性層の結晶構造はともに面心立方格子であることを特徴とする請求項 3 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】

コバルト・ニッケル・鉄合金の軟磁性材よりなる第一の強磁性層と、コバルト・ニッケル・鉄合金又は鉄コバルト合金又はコバルトの硬磁性材から形成された第二の強磁性層と、前記第一の強磁性層と第二の強磁性層の間に形成された非磁性金属層とを有し、 20

前記硬磁性材を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを 65 atms% 以上、ニッケルを 35 atms% 以下の割合で含有し、且つ前記軟磁性材を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを 40 ~ 50 atms%、ニッケルを 24 ~ 35 atms% の割合で含有していることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】

前記軟磁性材の保磁力は 100e よりも小さいことを特徴とする請求項 8 記載の磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 30

本発明は、磁気抵抗効果素子に関し、より詳しくは、磁気センサや磁気ヘッド等に使用されるスピバルブMR膜を有する磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

磁気センサ或いは磁気ヘッドでは、磁性材料としてNiFeを用いた磁気抵抗効果層が使用されている。そして、磁気センサや磁気ヘッドのより一層の高感度化の要求に伴い、大きな読み出し信号が得られるGMR膜（巨大磁気抵抗効果膜）が注目されている。その中でもスピバルブ磁気抵抗効果膜（スピバルブMR膜）は比較的容易に作成でき、低磁場での電気抵抗の変化率も従来よりも大きいために最近特に注目されている。

【0003】 40

スピバルブ磁気抵抗効果を利用した素子は例えば特開平4-358310号公報において提案され、例えば図6(a)、(b)に示すような構造を有している。図において、シリコン基板1の上には、特定の大きさの磁場の雰囲気中でスパッタ法により、基板側から順に下地層2、第一の磁性層3、非磁性金属層4、第二の磁性層5、反強磁性層6が形成され、また、下地層2から反強磁性層6までの各層は平面が長方形になるようにパターンニングされている。また、反強磁性層6上には、その長手方向に間隔を置いて一对の引出電極7a、7bが形成されている。

【0004】

それらの層を構成する材料として、例えば下地層2にはタンタル(Ta)、第一及び第二の磁性層3、5には鉄ニッケル(NiFe)、非磁性金属層4には銅(Cu)、反強磁性 50

層 6 には鉄マンガ (F e M n) が使用される。

これによりスピ (n) ・バルブ磁気抵抗効果型素子が構成される。

第一の磁性層 3 は、長方形の長手方向の磁化 M_a を有している。また、第二の磁性層 5 は反強磁性層 6 と交換結合することにより磁化され、その磁化 M_b の方向は長方形の短辺の一方向である。なお、磁気記録媒体からの信号磁界 H_{sig} は、各層の短辺方向に発生する。

【 0 0 0 5 】

そのような磁気抵抗効果型トランスジューサに信号磁界 H_{sig} がかけると、その信号磁界 H_{sig} の強さ、方向に応じた大きさに第一の磁性層 3 の磁化 M_a の方向が傾く。

10

第一の磁性層 3 の磁化 M_a のうち第二の磁性層 5 の磁化 M_b と反対向きの成分は、これらの層を通る電子を散乱させる要因となり、層全体の電気抵抗を増加させる。これに対して、第一の磁性層 2 の磁化 M_a のうち第二の磁性層 5 の磁化 M_b と同じ方向の成分は、層全体を通る電子を散乱させないので、層全体の電気抵抗が減少する。

【 0 0 0 6 】

センス電流領域の電気抵抗は、第一の磁性層 3 の磁化 M_a と第二の磁性層 5 の磁化 M_b との相対的な角度の余弦、即ち \cos に比例して変化する。

なお、信号磁界が零の状態、第一の磁性層 3 の磁化 M_a と第二の磁性層 5 の磁化 M_b を直交させる目的は、磁気記録媒体からの信号磁界 H_{sig} に対する電気抵抗を線形に変化させるためである。信号磁界 H_{sig} は第二の磁性層 5 の磁化方向、即ち固定磁化方向と同じか逆の方向に印加される。

20

【 0 0 0 7 】

磁気記録媒体からの信号磁界 H_{sig} を電気信号に変換する場合には、一对の引出電極 7 a , 7 b の間に定電流を流すことにより、信号磁界 H_{sig} による電気抵抗の変化を電圧の変化に変える。その電圧の変化が再生用電気信号となる。

【 0 0 0 8 】

【 発明が解決しようとする課題 】

ところで、スピ (n) バルブ磁気抵抗効果が生じる磁性層の材料として N i F e を用いた素子は信号磁界による電気抵抗の変化率が 2 . 5 % と小さく、高感度の磁気センサや磁気ヘッド等に用いるには不十分であった。

30

本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであって、信号磁界に対してより大きな磁気抵抗の変化率が得られる磁気抵抗効果素子を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【 課題を解決するための手段 】

上記した課題は、図 1 に例示するように、軟磁性材よりなる第一の強磁性層 1 3 と、ニッケルを 5 ~ 4 0 atms%、コバルトを 3 0 ~ 9 5 atms% (但し、9 5 atms% は除く) の割合で含有しているコバルト・ニッケル・鉄合金よりなる第二の強磁性層 1 5 と、第一の強磁性層 1 3 と第二の強磁性層 1 5 の間に形成された非磁性金属層 1 4 と、第二の強磁性層 1 5 に接して形成された反強磁性層 1 6 とを有し、コバルト・ニッケル・鉄合金は磁歪が零であることを特徴とする磁気抵抗効果素子によって解決する。

40

【 0 0 1 0 】

前記磁気抵抗効果素子において、第一の強磁性層 1 3 を構成する軟磁性材は、ニッケルを 5 ~ 4 0 atms%、コバルトを 3 0 ~ 9 5 atms% (但し、9 5 atms% は除く) の割合で含有しているコバルト・ニッケル・鉄合金であることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

または、上記した課題は、図 4 に例示するように、第一のコバルト・ニッケル・鉄合金よりなる第一の強磁性層 2 3 と、第一のコバルト・ニッケル・鉄合金と組成の異なる第二のコバルト・ニッケル・鉄合金又は鉄コバルトよりなる第二の強磁性層 2 5 と、前記第一の強磁性層 2 3 と前記第二の強磁性層 2 5 の間に形成された非磁性金属層 2 6 と、前記第二の強磁性層に接して形成された反強磁性層 2 6 とを有することを特徴とする磁気抵抗効果

50

素子によって解決する。

【0012】

前記磁気抵抗効果素子において、前記第一のコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを40～50 atoms %、ニッケルを24～35 atoms %の割合で含有し、且つ前記第二のコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを80～90 atoms %、ニッケルを20 atoms %以下の割合で含有していることを特徴とする。

前記磁気抵抗効果素子において、前記第一のコバルト・ニッケル・鉄合金の保磁力は100eよりも小さいことを特徴とする。

【0013】

前記磁気抵抗効果素子において、前記第二のコバルト・ニッケル・鉄合金の保磁力は、前記反強磁性層による異方性磁界よりも大きいことを特徴とする。 10

前記磁気抵抗効果素子において、前記第一及び第二の強磁性層23, 25の結晶構造はともに面心立方格子であることを特徴とする。

または、図5に例示するように、コバルト・ニッケル・鉄合金の軟磁性材よりなる第一の強磁性層33と、コバルト・ニッケル・鉄合金又は鉄コバルト合金又はコバルトの硬磁性材から形成された第二の強磁性層35と、前記第一の強磁性層33と前記第二の強磁性層35の間に形成された非磁性金属層34とを有することを特徴とする磁気抵抗効果素子によって解決する。

【0014】

前記磁気抵抗効果素子において、前記軟磁性材料の保磁力は100eよりも小さいことを特徴とする。 20

前記磁気抵抗効果素子において、前記硬磁性材を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを65 atoms %以上、ニッケルを35 atoms %以下の割合で含有し、且つ前記軟磁性材を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを40～50 atoms %、ニッケルを24～35 atoms %の割合で含有していることを特徴とする。

【0015】

【作用】

本発明によれば、少なくとも反強磁性層に接する側の強磁性層をコバルト・ニッケル・鉄合金から形成し、且つそのコバルト・ニッケル・鉄合金でのニッケル含有量を5～40 atoms %、コバルト含有量を30～95 atoms %としている。これによれば、スピナルブ磁気抵抗効果による電気抵抗の変化率が従来よりも大きくなった。この場合、反強磁性体層に接しない側の強磁性体層もコバルト・ニッケル・鉄合金から形成すると、さらに電気抵抗の変化率が大きくなる。これは、コバルト・ニッケル・鉄合金が鉄ニッケル合金よりも電気抵抗の変化率が大きいからである。 30

【0016】

磁歪が零のコバルト・ニッケル・鉄合金を採用すると、反強磁性層との交換相互作用を損なうことはない。

また、本発明の磁気抵抗効果素子は、非磁性金属層を挟んで形成される第一及び第二の強磁性層を構成する材料として、互いに組成の異なるコバルト・ニッケル・鉄合金を用いている。 40

【0017】

これによれば、スピナルブ磁気抵抗効果による電気抵抗の変化率が従来よりも大きくなる。しかも、反強磁性層に接しない第一の強磁性層を構成する材料を信号磁界により容易に回転する組成にすることにより適正な読みだし動作が行われる。

この場合、第一の強磁性層を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトが40～50 atoms %、ニッケルが24～35 atoms %の割合で含有され、且つ第二の強磁性層を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトが80～90 atoms %、ニッケルが20 atoms %以下の割合で含有される材料を選択することが望ましい。

【0018】

また、第一の強磁性層の保磁力を100e以下としているので、その磁化方向は信号磁界により容易に回転する。また、少なくとも第二の強磁性層の結晶構造を面心立方格子とすることにより反強磁性層の形成が容易になる。

本発明の別の磁気抵抗効果素子は、コバルト・ニッケル・鉄合金の軟磁性材よりなる第一の強磁性層と、コバルト・ニッケル・鉄合金又は鉄コバルト合金又はコバルトの硬磁性材から形成された第二の強磁性層と、第一及び第二の強磁性体層の間に形成された非磁性金属層から構成されている。

【0019】

例えば、硬磁性材を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを65atoms %以上、ニッケルを35atoms %以下の割合で含有させ、且つ軟磁性材を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを40~50atoms %、ニッケルを24~35atoms %の割合で含有させる。

これによれば、スピナル磁気抵抗効果による電気抵抗の変化率が従来よりも大きくなる。しかも、第二の強磁性層は硬磁性であるので保磁力が大きく、信号磁界によって変化せず反強磁性層は不要になりスループットが向上する。しかも、反強磁性層は一般に腐食性の大きな鉄マンガから構成されているので、本発明によれば耐腐食性が向上する。

【0020】

また、第一の強磁性層の保磁力を100e以下としているので、その磁化方向は信号磁界によって容易に回転する。

【0021】

【実施例】

そこで、以下に本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

(第1実施例)

図1は、本発明の第1実施例の層構造を示す側面図である。

図において、シリコン基板11の(110)面上には、スパッタ法により約300e(oerst ed)の磁場の雰囲気中で、下地層12としてタンタル(Ta)が60、第一の強磁性層13としてニッケル鉄(NiFe)が90、非磁性金属層14として銅(Cu)が20、第二の強磁性層15としてニッケル鉄コバルト(CoNiFe)が40、反強磁性層16として鉄マンガ(FeMn)が120の厚さで順に形成されている。なお、第一の強磁性層13を構成するCoNiFeは、例えばニッケルを10atoms %、鉄を25atoms %、コバルトを65atoms %の割合で含む合金であり、この合金を以下にCo₆₅Ni₁₀Fe₂₅として表す。

【0022】

また、下地層12から反強磁性層16までの各層は平面が長方形になるようにパターンニングされている。また、反強磁性層16上には、その長手方向に間隔をおいて一对の引出電極17a, 17bが形成されている。

外部磁界が零の状態において、第一の強磁性層13の磁化の方向は長手方向であり、第一の強磁性層13と第二の強磁性層15のそれぞれの磁化の方向は互いに直交している。

【0023】

以上の構成を有するスピナル磁気抵抗効果型素子によれば、電気抵抗の変化率が4%程度となり、従来に比べて大きくなった。

このように、反強磁性層16に接する第二の強磁性層15をCo₆₅Ni₁₀Fe₂₅から形成したことによって大きな抵抗変化率が得られたのは次の理由による。

Cuよりなる非磁性金属層と、NiFeよりなる磁性薄膜層を交互に30層ずつ積層した試料と、Cuよりなる非磁性金属層と、NiCoよりなる磁性薄膜層を交互に30層ずつ積層した試料のそれらの電気抵抗(比抵抗)の変化率を図2に示す。この特性図は次の文献〔1〕に基づくものである。

【0024】

〔1〕M. Sato, S. Ishio and T. Miyazaki, J. 50

Magn. Magn, Mater 126 (1993) 462

図2から明らかなように、強磁性層としてNiFeを用いた場合の比抵抗の変化率は最大で15%程度となっている。これに対して、コバルト系磁性材料であるNiCoを用いた場合の比抵抗の変化率は、合金の電子数がコバルト単体の電子数27に近づくにつれて上昇し、最大で35%となっている。

【0025】

一方、急冷薄帯でのCoNiFeの組成比の違いによる磁歪の大きさは、例えば次の文献〔2〕に報告があり、図3に示すようになっている。

〔2〕大森隆宏，石尾俊二，宮崎照宣、第17回日本応用磁気学会学術講演概要集(1993)20

反強磁性層16に接する第二の強磁性層15の材料としては、反強磁性層16による交換結合を考慮して保磁力(H_c)が小さい方が好ましく、保磁力を小さくするためには磁歪を零にすることが近道である。図3によると、CoNiFe合金で磁歪が0となる組成は2系列あり、それぞれ図中(i)，(ii)で示している。

【0026】

この場合、図2において比抵抗の変化率の大きな組成比を考慮すると、図3では、(i)系列の組成よりも(ii)系列の組成の方がコバルトの割合が多く、(ii)系列の組成が高い抵抗変化率を示す。(i)及び(ii)系列の組成は、共に結晶構造が面心立方格子である。

従って、第二の強磁性層15の構成材料は、コバルトを30~95atoms%、ニッケルを5~40atoms%の範囲で含有するCoNiFe合金を用いると、磁歪が零又は零に極めて近く且つ高比抵抗変化率を有することになる。上記した $Co_{65}Ni_{10}Fe_{25}$ はそのようなCoNiFe合金の一例である。

【0027】

なお、反強磁性層16に接する第二の強磁性層15だけでなく、第一の強磁性層13についてもニッケルを5~40atoms%、コバルトを30~95atoms%の範囲で含有する組成のCoNiFe合金から形成してもよい。これによれば、第二の強磁性層15だけをCoNiFe合金から形成した場合よりもさらに高い電気抵抗変化率が得られる。

(第2実施例)

図4(a)は、本発明の第2実施例に係るスピナルブ磁気抵抗効果素子の層構造を示す側面図である。

【0028】

図において、シリコン基板21の(110)面上には、約300eの磁場の雰囲気中でスパッタ法によって、下地層22としてタンタル(Ta)が60、第一の強磁性層23としてニッケル鉄コバルト(CoNiFe)が90、非磁性金属層24として銅(Cu)が22、第二の強磁性層25としてCoNiFeが40、反強磁性層26として鉄マンガニ(FeMn)が120の厚さに順に形成されている。第一の強磁性層23を構成するCoNiFeは、例えばニッケルを26atoms%、鉄を32atoms%、コバルトを42atoms%の割合で含む合金であり、この合金を以下に $Co_{42}Ni_{26}Fe_{32}$ と表す。また、第二の強磁性層25を構成するCoNiFeは、コバルトを90atoms%、ニッケルを3atoms%、鉄を7atoms%の割合で含む合金であり、この合金を以下に $Co_{90}Ni_3Fe_7$ と表す。

【0029】

また、下地層22から反強磁性層26までの各層は平面が長方形になるようにパターンニングされている。また、反強磁性層26上には、その長手方向に間隔をおいて一对の引出電極27a, 27bが形成されている。

外部磁界が零の状態において、第一の強磁性層23の磁化の方向は長手方向であり、第一の強磁性層23と第二の強磁性層25のそれぞれの磁化の方向は互いに直交している。

【0030】

10

20

30

40

50

以上の構成を有するスピンバルブ磁気抵抗効果型素子によれば、電気抵抗の変化率が8%となり従来の3倍程度の値を得ることができた。

このように、第一の強磁性層23と第二の強磁性層25のそれぞれを構成するCoNiFeの組成比を異ならせたのは次の理由による。

第一の強磁性層23の磁化の方向は、磁気記録媒体からの信号磁界によって容易に回転する必要があるため、第一の強磁性層23を保磁力の小さな軟磁性体から構成する必要がある。しかし、第二の強磁性層25の磁化の方向は反強磁性層26との交換結合により固定されるので、第一の強磁性層23よりも保磁力の条件は緩やかである。

【0031】

従って、第一の強磁性層26を構成するCoNiFeの保磁力を小さくするためには磁歪が零となるのが好ましい。また、第一の強磁性層26の電気抵抗の変化率を大きくするために、図2に従ってコバルトを含む材料により第一の強磁性層26を形成するのが好ましい。これにより選択されるCoNiFeの組成は、第1実施例で説明した図3に示す(i i)系列の組成比のライン上を選択することが考えられる。なぜなら、磁歪が小さいほど保磁力も小さくなるからである。

10

【0032】

そこで、本発明者等は、図3に示す(i i)系列の組成比と(i i)系列付近の組成比のCoNiFeについて保磁力 H_c を調べたところ、図4(b)に例示したような結果がえられた。図4(b)において、(i i)系列の組成比を示す破線のラインと保磁力 H_c の小さいラインとが僅かであるが一致しなかったが、これは製造方法が異なることにより生じた差である。(i i)系列の組成比を示す破線のラインは急冷薄帯により形成した膜であり、保磁力 H_c の小さい一点鎖線のラインはスパッタ法により形成したCoNiFeである。磁気抵抗効果素子を構成する膜は一般にスパッタ法によって形成されるために、スパッタ法による保磁力を考慮する必要がある。

20

【0033】

第一の強磁性層26を構成する軟磁性材料の保磁力 H_{c1} は10より小さいことが望まれる($H_{c1} < 10$)。

実験によれば、保磁力 H_c が10より小さくなるCoNiFeの組成は、コバルトを40~50atoms%、ニッケルを24~35atoms%とした場合であった。上記した $Co_{42}Ni_{26}Fe_{32}$ はその組成の一例である。

30

【0034】

一方、第二の強磁性層25を構成するCoNiFeの保磁力 H_{c2} は、既に述べたように第一の強磁性層23よりも条件が緩やかである。しかし、反強磁性層26により生じる異方性磁界 H_{UA} が第二の強磁性層25の保磁力 H_{c2} より小さくなると、第二の強磁性層25の磁化方向が外部磁界によって反転し易くなり、この反転が生じるとスピンバルブ磁気抵抗効果が得られなくなる。なお、異方性磁界 H_{UA} は、保磁力と磁束密度の関係を示す曲線(B-H曲線)の中心を保磁力軸に沿って移動させる磁界である。

【0035】

これにより、第二の強磁性層25の保磁力 H_{c2} と反強磁性層26による異方性磁界 H_{UA} は式(1)の関係が要求される。ただし、 $H_{c2} > 0$ である。

40

$$H_{c2} < H_{UA} \quad \dots \dots (1)$$

このように第二の強磁性層25の材料を選択する場合に異方性磁界 H_{UA} を考慮するだけでなく、第二の強磁性層25の結晶構造が面心立方格子となる材料を選択しなければならない。第二の強磁性層25の結晶構造が面心立方格子でなければ、FeMnが反強磁性体とならないからである。

【0036】

それらの条件を考慮すると、第二の強磁性層25を構成するCoNiFeは、ニッケルを0~20atoms%、コバルトを80~90atoms%の範囲で含有し、残りを鉄とした組成にする必要がある。上記した $Co_{90}Ni_3Fe_7$ はその一例である。なお、ニッケルが0atoms%の場合には第二の強磁性層25はコバルト鉄から構成され

50

ることになる。

(第3実施例)

図5(a)は、本発明の第1実施例の層構造を示す側面図である。

【0037】

図において、シリコン基板31の(110)面上には、約300eの磁場の雰囲気中でスパッタ法によって、下地層32としてタンタル(Ta)が60、第一の強磁性層33としてニッケル鉄コバルト(CoNiFe)が90、非磁性金属層34として銅(Cu)が20、第二の強磁性層35としてCoNiFeが40の厚さに順に形成されている。第一の強磁性層33を構成するCoNiFeは、ニッケルを26atoms%、鉄を32atoms%、コバルトを42atoms%の割合で含む合金であり、以下にC_o₄₂Ni₂₆Fe₃₂と表す。また、第二の強磁性層35を構成するCoNiFeは、コバルトを80atoms%、ニッケルを15atoms%、鉄を5atoms%の割合で含む合金であり、以下にC_o₈₀Ni₁₅Fe₅と表す。

10

【0038】

また、下地層32から第二の強磁性層35までの各層は平面が長方形になるようにパターンニングされている。また、第二の強磁性層35上には、その長手方向に間隔をおいて一対の引出電極36a, 36bが形成されている。

外部磁界が零の状態において、第一の強磁性層33の磁化の方向は長手方向であり、第一の強磁性層33と第二の強磁性層35のそれぞれの磁化の方向は互いに直交している。

【0039】

以上の構成を有するスピナルブ磁気抵抗効果型素子によれば、電気抵抗の変化率が8%となり従来の3倍程度の値を得ることができた。

20

ところで、本実施例のスピナルブ磁気抵抗効果型素子では、第2実施例で述べた理由により第一の強磁性層33は第2実施例の第一の強磁性層23と同じ組成のCoNiFeが選択する。第一の強磁性層33は、図5(b)に示すように保磁力H_{c1}が100eよりも小さい範囲でコバルト、鉄、ニッケルの比を選択する。

【0040】

これに対して、第二の強磁性層35の組成は第2実施例と相違させている。この実施例の第二の強磁性層35を構成するCoNiFeは、その磁化が外部磁界によって変化せず、しかも電気抵抗の変化率が大きい組成が選ばれる。

30

これにより反強磁性層は不要になり、第二の強磁性層35を構成するCoNiFeの組成を決定するに際して、反磁性層を考慮した結晶状態や反強磁性層による異方磁界や反強磁性層との交換相互作用から拘束されなくなる。

【0041】

従って、第二の強磁性層35の磁歪は零である必要はなく、磁化方向固定のために硬磁性であり、高電気抵抗変化率を得るためにコバルトがリッチであればよく、コバルトが65~100atoms%、ニッケルが0~35atoms%であるCoNiFe合金又はCo単体又はFeCo合金のいずれかを選択すればよい。

これにより第一及び第二の強磁性層33, 35に容易に磁化の反平行状態を作ることができ、大きい電気抵抗変化率が得られ、より大きな出力が得られる。

40

【0042】

また、FeMnよりなる反強磁性体を必要としないので、スピナルブ磁気抵抗効果素子を製造する工程においてFeMnの腐食性が問題となることなく、耐腐食性が向上する。しかも、層構造が1層少なくなるのでスループットが向上する。

なお、第1~第3実施例の磁気抵抗効果素子では、各層を第一の強磁性層から反強磁性層までを1組、又は第一の強磁性層~第二の強磁性層を1組形成しているが、それらを複数組積層した構造を採用してもよい。

【0043】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、少なくとも反強磁性層に接する側の強磁性層をコバル

50

ト・ニッケル・鉄合金から形成し、且つそのコバルト・ニッケル・鉄合金でのニッケル含有量を5～40 atoms %、コバルト含有量を30～95 atoms %としているので、スピバルブ磁気抵抗効果による電気抵抗の変化率を従来よりも大きくできる。この場合、反強磁性体層に接しない側の強磁性体層もコバルト・ニッケル・鉄合金から形成すると、さらに電気抵抗の変化率を大きくできる。

【0044】

磁歪が零のコバルト・ニッケル・鉄合金を採用すると、反強磁性層との交換相互作用を損なうことを防止できる。

また、本発明の磁気抵抗効果素子は、非磁性金属層を挟んで形成される第一及び第二の強磁性層を構成する材料として、互いに組成の異なるコバルト・ニッケル・鉄合金を用いているので、これによっても、スピバルブ磁気抵抗効果による電気抵抗の変化率が従来よりも大きくなる。しかも、反強磁性層に接する第二の強磁性層を構成する材料を外部磁界により容易に反転しない組成にする一方で、反強磁性層に接しない第一の強磁性層を構成する材料を信号磁界により容易に回転する組成にすることにより適正な読みだし動作を行うことができる。

10

【0045】

この場合、第一の強磁性層を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトが40～50 atoms %、ニッケルが24～35 atoms %の割合で含有され、且つ第二の強磁性層を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトが80～90 atoms %、ニッケルが20 atoms %以下の割合で含有される材料を選択することが望ましい。

20

【0046】

また、第一の強磁性層の保磁力を100e以下としているので、その磁化方向を信号磁界により容易に回転できる。また、少なくとも第二の強磁性層の結晶構造を面心立方格子としているので、反強磁性層を容易に形成できる。

本発明の別の磁気抵抗効果素子は、コバルト・ニッケル・鉄合金の軟磁性材よりなる第一の強磁性層と、コバルト・ニッケル・鉄合金又は鉄コバルト合金又はコバルトの硬磁性材から形成された第二の強磁性層と、第一及び第二の強磁性体層の間に形成された非磁性金属層から構成されているので、これによっても、スピバルブ磁気抵抗効果による電気抵抗の変化率を従来よりも大きくできる。

30

【0047】

例えば、硬磁性材を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを65 atoms %以上、ニッケルを35 atoms %以下の割合で含有させ、且つ軟磁性材を構成するコバルト・ニッケル・鉄合金は、コバルトを40～50 atoms %、ニッケルを24～35 atoms %の割合で含有させる。

しかも、第二の強磁性層は硬磁性であるので保磁力が大きく、信号磁界によって変化せず腐食性の大きな反強磁性層は不要になるので、スループットを向上できるとともに、耐腐食性が改善される。

【0048】

また、第一の強磁性層の保磁力を100e以下としているので、その磁化方向を信号磁界によって容易に回転できる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の第1実施例の磁気抵抗効果素子を示す側面図である。

【図2】図2は、非磁性金属層として銅、磁性薄膜層としてニッケル・鉄又はニッケル・コバルトを用い、非磁性金属層と磁性薄膜層を30層ずつ積層した場合の合金の単位当たりの電子数と電気抵抗の変化率を示す特性図である。

【図3】図3は、コバルト・ニッケル・鉄の組成と磁歪との関係を示す図である。

【図4】図4(a)は、本発明の第1実施例の磁気抵抗効果素子を示す側面図、図4(b)は、コバルト・ニッケル・鉄の組成と磁歪、保磁力との関係を示す図である。

【図5】図5(a)は、本発明の第1実施例の磁気抵抗効果素子を示す側面図、図5(b)は、コバルト・ニッケル・鉄の組成と磁歪、保磁力との関係を示す図である。

50

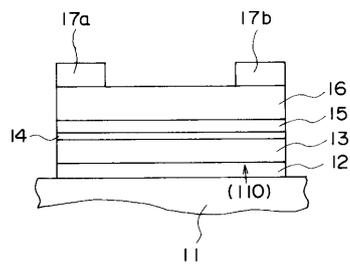
b) は、コバルト・ニッケル・鉄の組成と保磁力との関係を示す図である。

【図6】図6(a) は、従来のスピントラップ磁気抵抗効果素子を示す側面図、図6(b) はその一部を切り欠いた斜視図である。

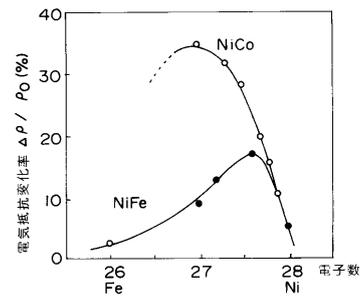
【符号の説明】

- 11、21、31 シリコン基板
- 12、22、32 下地層
- 13、23、33 第一の強磁性層
- 14、24、34 非磁性金属層
- 15、25、35 第二の強磁性層
- 16、26 反強磁性層
- 17a, 17b, 27a, 27b, 36a, 36b 引出電極

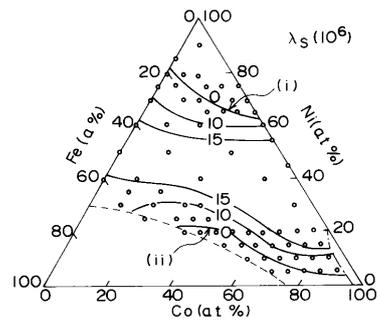
【図1】



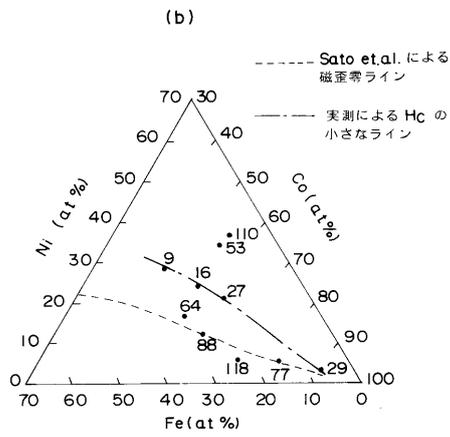
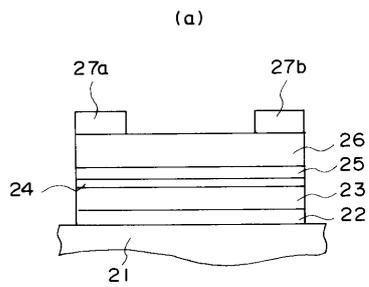
【図2】



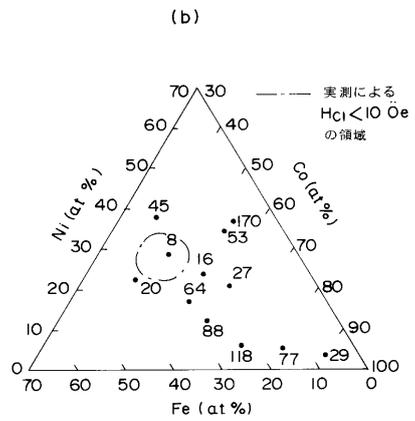
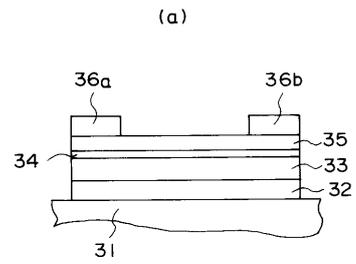
【図3】



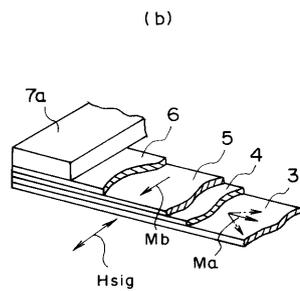
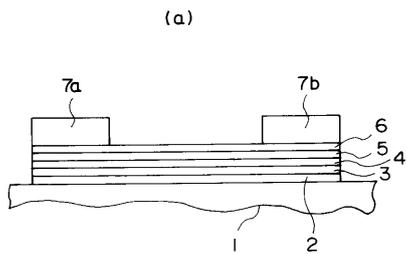
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 菊地 英幸
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
- (72)発明者 小田切 充
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

審査官 小川 将之

- (56)参考文献 特開平05-347013(JP,A)
特開平05-259530(JP,A)
特開平06-084347(JP,A)
特開平02-068906(JP,A)
特開平05-263170(JP,A)
特開平08-087722(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 43/08
H01L 43/12
G01R 33/09
G11B 5/39
G11B 5/127
G11B 5/17
G11B 5/31
H01F 10/08